田間亞麻萎凋病鐮刀菌與水稻之相互關係研究[1]

杜金池　程永雄　張義璋[2]

摘要　亞麻萎凋病（立枯病）發病土壤（FC—11）分：（A）不處理、（B）60°C 消毒 1 小時、（C）60°C 消毒 1 小時後加亞麻萎凋病激發田之前作稻根，（D）60°C 消毒 1 小時後加亞麻萎凋病株莖部碎片，（E）60°C 消毒 1 小時後加水稻紋枯病菌，（F）121°C 15 lbs 滅菌 1 小時等 6 處理，於網室內磚砌栽培床栽植第一期作水稻（臺南 5 號）。栽植一月後調查各處理每克土壤所含*Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* 之菌體數，分別為（A）5,800（C）1,400（D）7,000第 2 個月菌體數減少，至第 3 個月降為（A）4,200（C）400（D）4,000。同時，栽植後 2 月調查之每克稻根含病菌菌體數為（A）1,000（C）500（D）1,500。至第 3 個月每克稻根所含之菌體數增至（A）1,500（C）1,000（D）2,000，（B）（E）（F）三處理之土內及稻根雖含有其他眞菌，但均未見有 *F. oxysporum* f. sp. *lini* 出現。

根部感染 *F. oxysporum* f. sp *lini* 之水稻由外觀無法看出罹病趨向，但與未感染之水稻詳加比較，可發現前者較為矮化。另由前述處理產量推算每公頃產量，結果分別為（B）3,080.4 kg、(E) 2,966.3kg、（F）3,182.0kg、（A）2,840.5kg 、（C）2,785.3kg（D）2,450.7kg，得知被感染之水稻有一成至二成半減產。民國64年第 2 期作水稻重複試驗，亦有相似之趨勢。

在產地一組發病田（FC—11）與抑病田（FS—11）第 2 期作均種白殼硬糯水稻，其稻株平均株高差異極顯著。另組發病田（FC—13）與抑病田（FS—14）則種高雄66號水稻，雖株高差異不顯著，但其分蘗數則呈極顯著差異。

由上觀之，雖 *F. oxyporum* f. sp. *lini* 感染水稻後不致引起外部病徵，但已造成水稻株高矮化，分蘗數減少，產量減低等現象，此等病害暫名為「隱匿性病害」（Latent disease）。

前　　言

Snyder 和 Hansen(6·7·8) 將 *Fusarium* 屬依其形態分成九種（Species），種以下再依寄主植物之不同，分成許多分化型（Special forms）。*Fusarium oxysporum* 除腐生型外，各分化型只加害特定植物種（Species）產生疾病，而不使他種作物致病。

Fusarium oxysporum 在土中殘存（Survival）期限，據 Snyder（私人通信，1974）稱，該病原菌在缺乏適當寄主植物時僅可生存 2 ～ 3 年，所謂「適當寄主」並非專指一般可產生明顯可辨的病徵的「感病性」植物種，而是泛指可被 *F. oxysporum* 侵染，無論可產生外部病徵或不產生病徵之各種植物而言（杜，1975）。*F. oxysporum* 侵染非「感病性」寄主植物之報導已屢見不鮮，如棉萎凋病菌（*F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*）能侵入甘藷、金魚草、大麥、香附子及細葉錦葵等植株內(1'3'5)；甘藷萎凋病菌（*F. oxysporum* f. sp. *batatas*）可侵入棉花、肉桂、苜蓿、蜀葵、山艾、番茄、菸草、豇豆、菜豆、西瓜、馬鈴薯、玉米、大豆及白菜等植株內(1'3)；番茄萎凋病菌（*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*）亦可侵入甘藷及含羞草等植株內(1'3)，但均不產生病徵。香蕉黃葉病菌（*F. oxysporum* f. sp. *cubense*）亦可從蕉園健康的雜草*Paspalum fasciculatum*, *Panicum purpurascens*, *Ixophorus unisetus* 及 *Commelina diffusa* 等分離出病菌(10)。

本研究係行政院國家科學委員會研究專題 NSC-65-0501-0202（06）之部份成果，研究進行期間蒙臺灣糖業研究所顧問王博士世中之鼓勵與關懷，謹申謝忱。

1. 試驗報告農試字第七八七號。

2. 臺灣省農業試驗所技正兼植物病理系主任，同所臺南棉麻試驗分所技士及同所技佐。

相似地 *F. oxysporum* f. sp. *niveum*, f. sp. *phaseoli*, f. sp. *conglutinans* 等均可侵入甘藷而不產生病徵[3]。總之，*F. oxysporum* 各分化型在缺乏「感病性」寄主植物時，亦能侵入非「感病性」寄主植物體內增殖而使病原菌持續不斷[3]。

雖然菸草萎凋病菌（*F. oxysporum* f. sp. *nicotianae*）可侵入甘藷而發生萎凋病徵[3]，但一般非「感病性」寄主植物受病菌侵入後，並不表現萎凋或其他外部病徵，而是發生生育異常現象：如細葉錦葵被 *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* 侵入後，帶菌植株比無菌植株細小而早熟。另有一些病菌雖不使非「感病性」寄主植物產生萎凋病徵，但病菌潛存在根之皮層，或可進入維管束及地際部之莖內，使組織褐化[1,3,5]。吾人已知亞麻萎凋病（立枯病）菌（*F. oxysporum* f. sp. *lini*）發病田之水稻可被病菌侵入根部[11]，但被病菌侵染後之水稻是否有生育異常現象而導致減產之情形，實有進一步探討之必要。

材料與方法

一、亞麻萎凋病病土種植水稻後*Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*之消長

臺灣彰化亞麻產區之萎凋病發病田栽植水稻後稻根帶有 *F. oxysporum* f. sp. *lini*, 並爲亞麻萎凋病之主要感染源[11]。本項研究以闡明上述導病土壤內之病菌侵入稻根之時期，及改植水稻後病菌之消長爲目的。將導病土壤（FC—11）分下述6種方法處理之：（A）發病田土壤（FC—11）不處理，（B）發病田土壤（FC—11）以 60°C 濕熱消毒一小時，（C）如（B）處理後加亞麻萎凋病激發田前作稻根（184公克／55公斤土），（D）如（B）處理後加亞麻萎凋病病莖碎片（184公克／55公斤土），（E）如（B）處理後加水稻紋枯病病原菌，（F）發病田土壤以 121°C 15 lbs 高壓滅菌一小時等6種處理，於網室內磚砌栽培床栽植第一期水稻。水稻品種爲臺南5號，各處理均2重複，種植20欉健全稻苗後按一般水稻之栽培管理方法行之。每月採取土樣以 Nash和 Snyder 兩氏之土壤稀釋平板法[4]調查土中病菌之菌體數，另於水稻插秧後第 2,3 兩月，採取稻根先水洗後再以 0.1 % Sodium hypochlorite 表面消毒，置於攪拌器（Waring blender）後再加定量之 0.2 % Agar broth 打碎及拌勻，約兩分鐘後以同法調查稻根內病菌之菌體數。

二、*Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* 對水稻生育及產量之影響

〔試驗一〕之網室試驗，於插秧後，隨時觀察水稻之生育狀況，每月並調查其株高。至水稻成熟時調查其有效分蘗數、穗重及產量。

民國六十四年第一期作水稻試驗完畢後，再連作水稻一次，並以發病田土壤（FC — 11）行相同處理後插秧，供爲未連作對照。各處理調查方法與第一期作之試驗類同。

三、田間水稻在亞麻萎凋病發病田與抑病田生育之比較

民國六十四年第二期作水稻成熟期時，選所栽植水稻品種、插秧日期、及田間管理方法均相同之相鄰亞麻萎凋病激發田與抑病田[11]，隨機調查各田間水稻之株高及分蘗數，並以生物統計方法分析兩者間之差異性。

試驗結果

一、亞麻萎凋病病土種植水稻後 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* 之消長

經 60°C 滅菌一小時同樣地能將 *F. oxysporum* f. sp. *lini* 滅除。（B）、（E）、（F）三處理無論土中或水稻根內均無法分離到 *F. oxysporum* f. sp. *lini*。（A）、（C）、（D）三處理

土壤內之病菌濃度慢慢減少。水稻種植後第二個月就能分離到 *F. oxysporum* f. sp. *lini*，而後逐漸增加其族羣。因該病原菌可侵入稻根增殖而抵消在土壤內密度之自然下降，使病原菌族羣密度在土壤內能維持平衡狀態（圖一）。

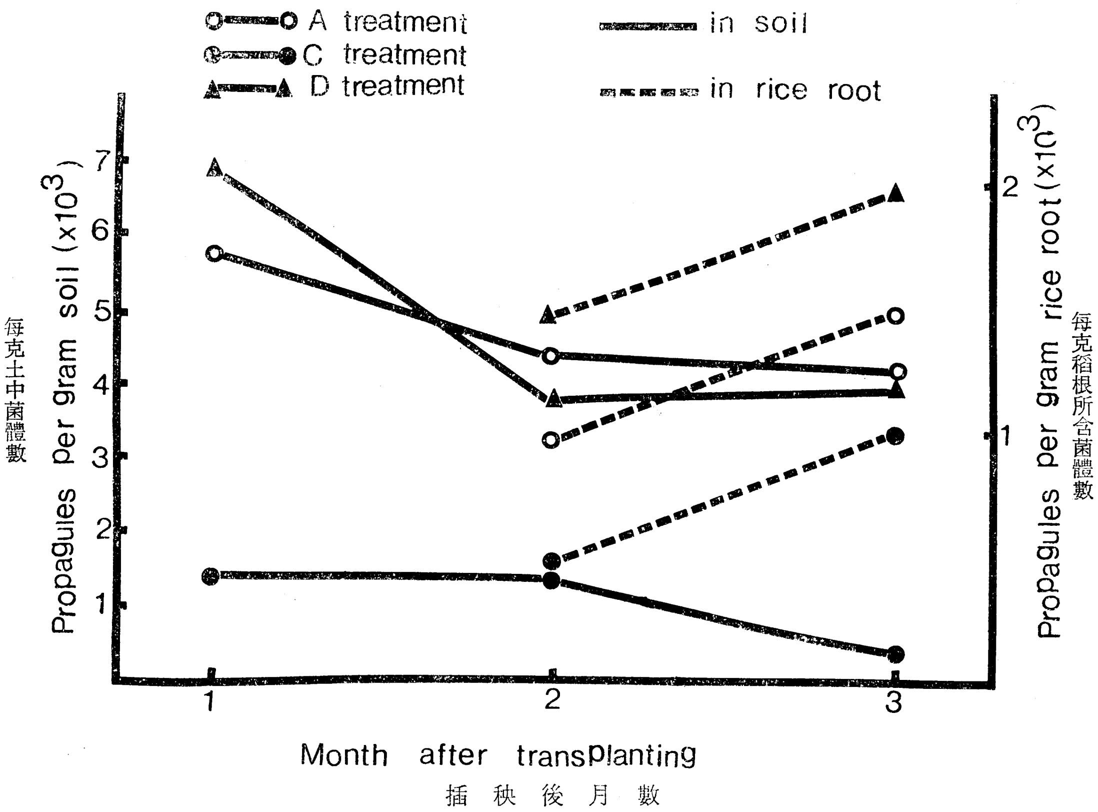


圖1. 一期稻網室試驗各處理土中及稻根內 *Fasarium oxysporum* f. sp. *lini* 之消長

Figure 1. Propagules of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* isolated from soils and rice roots during the growing period of 1st crop of rice.

圖2. 第一期作水稻生長在不同處理之土壤80天之株高比較（英文字母表示各種不同處理，詳細處理內容如本文）。

Figure 2. Comparison on plant height of the first crop of rice growing on variously treated soils for 80 days (capital letters indicate different treatments, see text for detail).

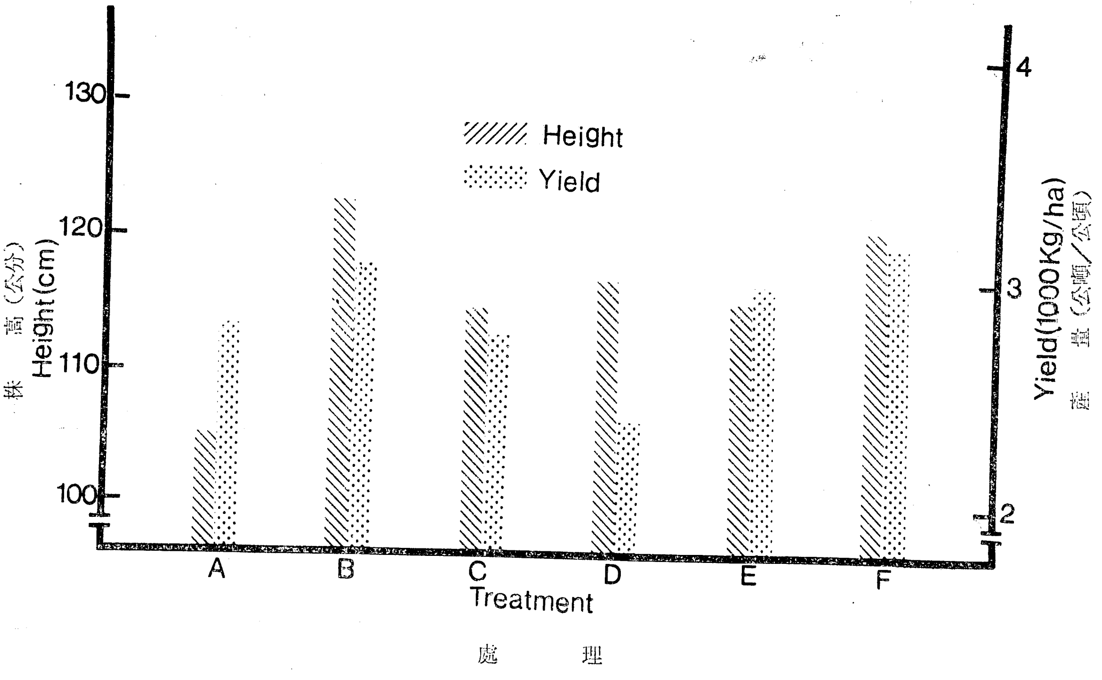
二、*Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* 對水稻生育及產量之影響

除（E）處理接種水稻紋枯病菌，有紋枯病發生外，其餘五個處理，外觀均無法看出有任何罹病之病象。由〔試驗一〕得知（A）、（C）、（D）三處理之水稻能被 *F. oxysporum* f. sp. *lini* 侵入，而種植後 90 天之水稻株高（A）爲 105.5cm.（C）爲 114.5cm.（D）爲 116.9cm。未被病菌侵染之（B）、（F）兩處理之同齡水稻株高（B）爲 123.2cm.（F）爲 120.6cm，可見被病菌感染之稻株雖無外部病徵，但其株高則呈矮化現象（圖二）。同時，其分蘖數減少，穗重減輕，致影響其產量。各處理之產量以每公頃爲準，分別爲（A）2,840.5kg.（C）2,785.3kg.（D）2,405.7kg.（B）3,080.4kg.（E）2,966.3kg.（F）3,182.0kg，，得知被感染之水稻有一成至二成半之減產（圖三）。

民國六十四年第二期水稻重複試驗結果，無論連作與否均與第一期作試驗有相似之趨勢。但(A)、(C)、（D）三處理很顯然地因連作而增强稻株矮化及減產現象。如果只將 *F. oxysporum* f. sp. *lini* 病菌滅除（B 處理）則不因連作而影響水稻生育或產量（圖四）。

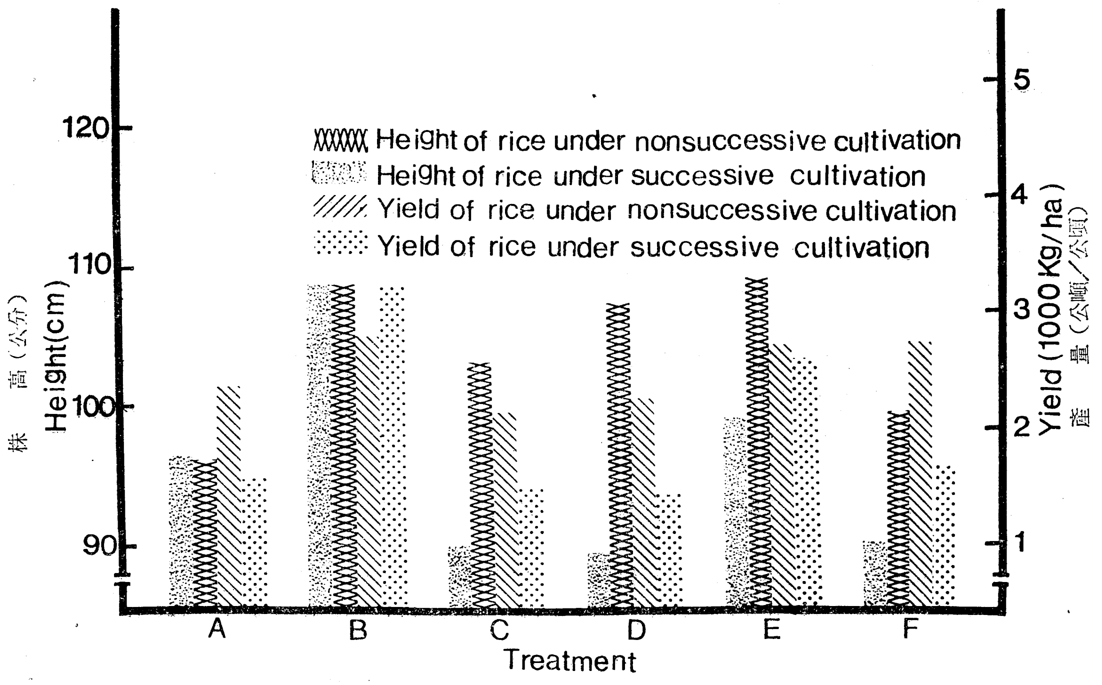
（三）田間水稻在亞麻萎凋病發病田與抑病田生育之比較

發病田（FC—11）和抑病田（FS—11）同樣種植白殼硬糯水稻，同日插秧(六十四年七月中旬)，而田間管理及施肥方法均相同，爲一組；另組發病田（FC—13）和抑病田（FS—14）所種水稻品種爲高雄66號，插秧日期爲六十四年六月八日，田間管理及施肥等亦均相同。調查分析後，其結果如表一、所示。FC—11和 FS—11 所種白殼硬糯其株高差異極顯著；而 FC—13 和FS—14 所種高雄66號雖株高差異不顯著，但其分蘖數則呈極顯著差異。



圖三、不同處理之土壤栽植一期作水稻之株高及產量比較

Figure 3. Comparisons on rice height and yield of the 1st crop of rice growing on variously treated soils.



圖四、各處理之土壤連作及未連作下二期作水稻之株高及產量比較

Figure 4. Comparisons on rice height and yield of the 2nd crop of rice under different cultivation system on variously treated soils.

表一、二期水稻在亞麻萎凋病發病田與抑病田生育之比較

Table 1. Growth of 2nd crop of rice on flax *Fusarium* wilt—sick and suppressive soils

水稻品種 Rice variety	田別 Field	分蘖數 No. of tiller	株高 (cm) Height
白殼硬糯 Pai-ker hard glutinous	FC—11	18.6	92.7**
	FS—11	19.6	98.3
高雄 66 號 Kao-hsiung No. 66	FC—13	16.7**	106.9
	FS—14	21.1	109.2

註：（1）FC 爲發病田，FS 爲抑病田。
FC indicates *Fusarium* wilt sick soil and FS means *Fusarium* wilt suppressive soil.
（2）**號代表差異極顯著。
**indicates statistically very significant at 1% level.

討　論

Fusarium oxysporum 引起之作物萎凋病害，至目前爲止尚缺乏防治良策，唯實施輪作或廢耕改種其他作物尚不失爲應急之法。但輪作之防治效果往往不易達到；如香蕉黃葉病病田改種可可樹二十五年再種感病性香蕉品種，仍能發病 [9]，棉花萎凋病田改植其他作物十二年再恢復種植棉花時，萎凋病發生率仍極高 [1]。這種現象使一般人誤認爲 *F. oxysporum* 能在土壤中長期存活。但自 Armstrong 和 Armstrong [1] 1948 年發現棉萎凋病病原菌能侵入非"感病性"寄主植物後，許多學

者亦陸續地提出類似報告 [2,3,5,10,11]。因此瞭解供輪作之作物雖非"感病性"寄主植物，但病原菌往往能在其植株內增殖族羣(population)。類此情形，輪作不但不能減少田間病菌密度，有時如棉花萎凋病田改種大麥，反使病菌密度劇增 [5]。因此，除非愼選非寄主植物，輪作無法達到防治目的。臺灣之亞麻栽培主要地區爲彰化、臺中及南投等三縣，均以亞麻爲水稻第二期作與第一期作之中間裡作作物。第一作者 [11] 首先發現水稻根能携帶亞麻萎凋病病原菌，而本試驗又發現亞麻萎凋病菌能在稻根內增殖，使其族羣在土壤內維持平衡，不因輪栽水稻而減少。因此，亞麻一旦發生萎凋病後，病菌將能長久延生不滅。縱使廢耕不種亞麻，如繼續種植水稻，無論時間之長短爲何，將永遠無法恢復種植亞麻而期望萎凋病不再發生。

無論網室試驗或田間調查，萎凋病菌雖不引起水稻之外部病徵，但却能影響水稻之正常生育及產量（圖二～圖四及表一），因此，無論以栽培亞麻或水稻著眼，土壤內萎凋病菌族羣之撲滅爲迫切之務。

Fusarium 屬以形態共分九種（Species），各種再分出若干分化型。一般而言，這些分化型只加害特定作物。但綜觀前人研究和本研究之結果，*F. oxysporum* 侵入非特定寄主作物後，有三種情形：（1）如 *F. oxysporum* f. sp. *apii* 能引起蘆筍、茄子 *Gossypium barbadense*、*G. arboreum* 及向日葵等產生萎凋病害，*F. oxysporum* f. sp. *nicotianae* 可引起甘藷萎凋 [2,3]，其致病原理如何，尙待研究。（2）*F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* 侵入細葉錦葵後雖無外部病徵，却能引起植株矮化及早熟 [5]，而本試驗亦發現 *F. oxysporum* f. sp. *lini* 侵入水稻後雖無病徵，但稻株較矮化，分蘖減少，產量降低等屬於生理異常之病變現象。（3）尙有非"特定感病性"寄主植物只供病菌增殖而無任何病變現象者 [1,3,5,10]。似此，特定分化型侵入他種作物，無論是否引起病害，亦不論是否影響其生育，但寄生生活乃爲確切之事實，這些事實在 *F. oxysporum* 種裏面甚爲普遍。因此，單以"特定寄主植物"所定之各分化型已不符實際，實有重新檢討之必要。

F. oxysporum f. sp. *lini* 侵入水稻後雖無外部病徵，但已造成稻株矮化、分蘖減少、產量降低等，此等病害筆者等暫名爲"隱匿性病害"（Latent disease）。另由圖四、之結果顯示，在連作之處理中，60°C 滅菌一小時之（B）處理反比 121°C完全滅菌之（F）處理，無論水稻生育或產量均較爲良好。其原因可能爲（B）處理尙留有部份腐生之菌類，這些菌類可抗衡其他病菌之族羣建立。反之，(F) 處理病菌建立族羣之機會與腐生菌具同等地位，故在連作時因（F）處理可能已有某些不利水稻生長之菌類侵駐土內，致反比（B）處理水稻之生育不良。因此吾人推想除 *F. oxysporum*能引起水稻"隱匿性病害"外，可能尙有其他菌類亦會引起同類病害。這些菌類究有多少，其影響程度如何，尙需進一步探討。

參 考 文 獻

1. Armstrong, G. M., and J. K. Armstrong. 1948. Nonsusceptible hosts as carriers of wilt *Fusaria* Phytopathology 38：808—826.
2. Armstrong, G. M., and J. K. Armstrong. 1969. Relationships of *Fusarium oxysporum* formae speciales *apii asparagi*, *cassiae*, *melongenae*, and *vasinfectum* race 3 as revealed by pathogenicity for common hosts. phytopathology 59：1256—1260.
3. Hendrix, F. F., Jr., and L. W. Nelsen. 1958. Invasion and infection of crops other than the forma suscept by *Fusarium oxysporum* f. *batatas* and other formae. Phytopathology 48：224—228.
4. Nash, S. N., and W. C. Snyder. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. phytopathology 52：567—572.
5. Smith, S. N., and W. C. Snyder. 1975. Persistence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*

in field in the absence of cotton. Phytopathology 65 : 190—196.

6. Snyder, W. C., and H. N. Hansen. 1940. The species concept in *Fusarium*. Am. J. Bot. 27 : 64—67.
7. Snyder, W. C., and H. N. Hansen. 1941. The species concept in *Furarium* with refererence to section Martiella. Am. J. Bot. 28 : 738—742.
8. Snyder, W. C., and H. N. Hansen. 1945. The species concept in *Fusarium* with reference to discolor and other sections. Am. J. Bot. 32 : 657—666.
9. Stover, R. H. 1962. Fusarial wilt (Panama disese) of banana and other *Musa* species. Comm. Wealth Mycol. Ins. Phytopath. Paper No. 4. Kew, Surrey, England. 117p.
10. Waite, B. H., and V. C. Dunlap. 1653. Preliminary host range studies with *Fusarium oxyspor um* f. *cubense*. Plant Dis. Rept. 37 : 79—80.
11. 杜金池，1975，臺灣鐮刀菌萎凋病抑病土壤和亞麻萎凋病病原菌存在於水稻根組織內之發現 。科學發展月刊3 ：1768—1784。

RELATIONSHIP BETWEEN RICE *FUSARIUM OXYSPORUM* F. SP. *LINI* IN THE FIELD

C. C. Tu, Y. H. Cheng, and Y. C. Chang

Summary

Flax wilt-sick soil (FC-11) was treated with various ways : (A) no treatment (control) , (B) 60°C/1 hr. steam sterilization, (C) 60°C steam sterilization and then added with rice roots from flax wilt-sick field, (D) 60°C steam sterilization and then inoculated with wilted flax stem tissues, (E) 60°C steam sterilization and then inoculated with *Rhizoctonia solani*-hyphal suspension, and (F) autoclaved with 121°C, 15 lbs for 1 hr. Differently treated soils were placed respectively in brick-made growth flats in the greenhouse for the cultivation of first crop of rice (Tainan No. 5).

Pathogen density of tested soil was made monthly after transplanting of rice seedling. The propagules of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* of different treatments in per gram of soil were 5800, 1400, and 7000 for A, C, and D treatments in the first month. The propagules decreased slowly in the second month and further down to 4200, 400, and 4000, respectively, in the third month. There were no *F. oxysporum* f. sp. *lini* detected from the soils of B, E, and F treatments throughout the period of experiment.

Fusarium oxysporum f. sp. *lini* was also detected from rice roots of A, C, and D treatments with the quality of 1000, 500, and 1500 colonies/per gram of root, respectively, at 2 months after transplanting. It increased to 1500, 1000, and 2000 colonies/per gram of root, respectively, after 3 months. Although other fungi could be detected from soils and rice roots of B, E, and F treatments, no *F. oxysporum* f. sp. *lini* could be isolated.

Although *F. oxysporum* f. sp. *lini* could infect and establish itself in the rice roots, there were no clear external symptom on rice plants. However, they did show some extent of dwarf when compared with non-infected rice plants. Yields of different treatments varied ; they were 3182, 3080, 2966, 2841, 2785, and 2406 kg per hectare for F, B, E, A, C, and D treatments, respectively. In general, yield was reduced about 10-25% in those plots that rice roots were infected with *F. oxysporum* f. sp. *lini*. Repeated test in the second crop of rice resulted in the similar conclusion.

Both wilt-suppressive and wilt-sick fields were cultivated with 'Paiker hard' glutinous rice. Results showed statistically significant (1%)on average statures of rice plants. The other pair of suppressive and sick fields were cultivated with 'Kao-hsiung No 66'. Although the stature of the rice plants appeared statistically no significance between these two fields, the number of tillers was statistically very significant (1%).

It was concluded that *F. oxysporum* f. sp. *lini* could not only penetrate into rice roots but also cause an abnormal physiological reaction of rice plants resulting in the dwarf and reduction of yield. The disease caused by pathogenic *F. oxysporum* on 'non-host' without clear external symptom was herein termed as 'latent disease'.